



JFW

172A 3509

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

TOMIO SATOH)

Serial No. 10/727,127)

Filed: December 3, 2003)

For: TEMPERATURE COMPENSATED)

CRYSTAL OSCILLATOR)

Attention: Mail Stop Issue Fee

LETTER RE FILING OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

In connection with the above-identified application, enclosed herewith please find one
(1) certified copy of the corresponding Japanese Patent Application No. 2002-357281 filed on
December 9, 2002, upon which Convention Priority is claimed.

Respectfully submitted,

KODA & ANDROLIA

By: 

William L. Androlia

Reg. No. 27,177

2029 Century Park East
Suite 1140
Los Angeles, CA 90067
Tel: (310) 277-1391

Certificate of Mailing	
I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to:	
Commissioner for Patents	
P.O. Box 1450	
Alexandria, VA 22313-1450, on	
September 20, 2005	
Date of Deposit	
William L. Androlia	
Printed Name of person signing this certificate	
Signature	9/20/2005
	Date

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2002年12月 9日

出願番号
Application Number:

特願2002-357281

パリ条約による外国への出願
用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
The country code and number
of your priority application,
as used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2002-357281

願人
Applicant(s):

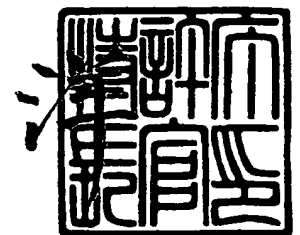
東洋通信機株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2005年 8月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2005-3072548

【書類名】 特許願

【整理番号】 TY02086

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目 1 番 1 号
 東洋通信機株式会社内

 【氏名】 佐藤 富雄

【特許出願人】

 【識別番号】 000003104

 【氏名又は名称】 東洋通信機株式会社

 【代表者】 吉川 英一

【代理人】

 【識別番号】 100085660

 【氏名又は名称】 鈴木 均

 【電話番号】 03-3380-7533

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 060613

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9000067

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 温度補償型圧電発振器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の周波数で励振される圧電素子を備えた圧電振動子、及び前記圧電素子に電流を流して前記圧電素子を励振させる発振用増幅器、を有する発振回路と、前記圧電振動子の電流を制御する振動子電流制御部と、前記圧電振動子の温度特性を補償する温度補償回路と、外部電圧により前記発振回路の負荷容量を可変して発振周波数を可変する可変容量ダイオードと、を備え、

前記温度補償回路は、前記圧電振動子の温度特性を補償する関数電圧を発生し、該関数電圧を前記振動子電流制御部に入力することにより、前記振動子電流を制御して前記発振回路の発振周波数を可変して前記圧電振動子の温度特性を補償し、前記外部電圧により前記可変容量ダイオードの印加電圧を可変することにより、前記発振回路の発振周波数を可変することを特徴とする温度補償型圧電発振器。

【請求項 2】 所定の周波数で励振される圧電素子を備えた圧電振動子、及び前記圧電素子に電流を流して前記圧電素子を励振させる発振用増幅器、を有する発振回路と、前記圧電振動子の電流を制御する振動子電流制御部と、前記圧電振動子の温度特性を補償する温度補償回路と、外部電圧により前記発振回路の負荷容量を可変して発振周波数を可変する可変容量ダイオードと、を備え、

前記温度補償回路は、前記圧電振動子の温度特性を補償する関数電圧を発生し、該関数電圧を前記可変容量ダイオードに印加して前記発振回路の負荷容量を可変することにより、前記発振回路の発振周波数を可変して前記圧電振動子の温度特性を補償し、前記外部電圧により前記振動子電流制御部に入力する電圧を可変することにより、前記発振回路の発振周波数を可変することを特徴とする温度補償型圧電発振器。

【請求項 3】 前記発振回路の負荷に、負荷容量を可変することにより前記発振回路の発振周波数を可変するリアクタンス素子を更に挿入することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の温度補償型圧電発振器。

【請求項 4】 前記発振回路の負荷に、負荷容量を可変することにより前記

発振回路の発振周波数を可変する可変リアクタンス素子を更に挿入し、当該発振器外部より前記可変リアクタンス素子の容量を可変することにより前記発振回路の発振周波数を制御可能とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の温度補償型圧電発振器。

【請求項 5】 負荷容量を可変することにより発生する補償歪みを補正する補正用可変容量ダイオードを更に備え、

前記補正用可変容量ダイオードは、前記温度補償回路により発生する関数電圧により前記振動子電流制御部の負荷容量を可変することにより発生する補償歪みを補正するように働くとすることを特徴とする請求項 1 に記載の温度補償型圧電発振器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、温度補償型圧電発振器に関し、さらに詳しくは、陸上移動体通信分野及び衛星通信分野の基準周波数として使用される圧電発振器の温度補償方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、携帯電話に代表される陸上移動帯通信は利用範囲が拡大の一途を辿っている。それに伴い、携帯電話の普及もすさまじく技術開発競争が激化しており、携帯電話に使用される水晶発振器も小型化・ローコスト化、更に高性能化が要求されている。水晶振動子は図 23 に示す様に、周囲温度の変化に対し発振周波数が 3 次曲線的に変化する。このため高い安定度を得るために発振回路には振動子の温度特性を相殺するための温度補償回路を設けており、そして温度補償方式には直接温度補償方式、間接温度補償方式があるが、いずれの方式においても発振回路の負荷容量を可変し温度補償を行うのが一般的である。また現在の発振器は PLL 回路（位相同期回路）等と接続して使用するため、外部より電圧を印加し周波数を可変する機能（Vcont）の付加が必須である。即ち、発振回路内に負荷容量を可変し周波数を変化させるための可変機能を 2 つ以上設けることにな

る。これらの機能は必然的に可変範囲に干渉を起こすことになる。例えば、温度補償量として付加容量の変化により 100 ppm を必要としている場合、そこに 20 ppm の外部可変を行うと全体の付加容量に対する温度補償回路の付加容量の比率が代わるので、付加容量の変化に対する周波数変化量が変化し、99 ppm の温度補償量となる場合があり、温度特性を 1 ppm 悪化させることになってしまう。

【0003】

図 24 に従来の外部可変機能付温度補償型水晶発振器のブロック図を示す。

温度補償電圧発生部 116 は補償関数電圧を発生し、可変容量ダイオード 114 に印加する。同ダイオードの容量変化に基づき発振回路の負荷容量が変化し、これにより水晶振動子 111 の発振周波数の温度特性がフラットになるように制御されるので、発振器の周波数温度特性を優れたものにする。この場合、外部可変 (Vcont) 117 より電圧を入力して可変容量ダイオード 115 へ印加することにより周波数を可変する。このことにより発振周波数が変化するだけでなく、温度補償量にも影響を与える。

温度補償量と外部可変量には振動子の容量比 ($\gamma = C_0 / C_1$) に強い関係があることを下記に示す。

1. 基礎理論

式 (1) に水晶発振器の発振時の直列共振周波数からのオフセット周波数偏差を示す。

$$D_L = \frac{1}{2} \times \left(\frac{C_1}{C_0 + C_L} \right) \quad (1)$$

D_L : 発振周波数偏差

C_1 : 振動子の直列容量

C_0 : 振動子の並列容量

C_c : 回路の容量

図 25 に式 (1) が示す発振周波数等価ブロック図を示す。

式 (2) に示すように C_L を C_x と C_y と C_c の 3 つの直列用量に分離したものが図 26 である。

$$\dots\dots\dots \frac{1}{C_L} = \frac{1}{C_x} + \frac{1}{C_y} + \frac{1}{C_c} \dots\dots\dots (2)$$

例えば C_x は温度補償容量、 C_y は周波数調整又は外部可変容量、 C_c は発振回路容量とすることができる。ここで、 $C_0 = 0$ (Open) とすると、(3) 式の変換が可能となる。

$$D_L = \frac{C_1}{2C_L} = \frac{C_1}{2} \left(\frac{1}{C_x} + \frac{1}{C_y} + \frac{1}{C_c} \right) = \frac{C_1}{2C_x} + \frac{C_1}{2C_y} + \frac{C_1}{2C_c} \dots\dots\dots (3)$$

則ち、 C_x 、 C_y 、 C_c それぞれの容量に対して直列共振周波数からのシフト量がそれぞれ加算されるため、それぞれの容量変化に対し、周波数偏差が抑圧等の干渉を受けることがない。

しかしながら、水晶振動子等の圧電素子は振動を促すための電極を必要とするため必ず電極間容量： C_0 を省くことはできない。

(1) 式及び (2) より (4) 式を得る。

$$D_L = \frac{C_1}{2(C_0 + C_L)} = \frac{C_1}{2C_0 \left(1 + \frac{C_L}{C_0} \right)} = \frac{1}{2\gamma \left(1 + \frac{1}{\frac{C_0}{C_L}} \right)} = \frac{1}{2\gamma \left(1 + \frac{1}{\frac{x}{x} + \frac{y}{y} + \frac{c}{c}} \right)} = \frac{1}{2\gamma} \times \frac{x+y+\frac{xy}{c}}{x+y+xy+\frac{xy}{c}} \dots\dots\dots (4)$$

$$D_L = \frac{1}{2\gamma} F(x, y, c), \dots\dots\dots DS_x = \frac{1}{2\gamma} \frac{dF}{dx}$$

$$F(x, y, c) = \frac{x+y+\frac{xy}{c}}{x+y+xy+\frac{xy}{c}}, \dots\dots\dots S_x = \frac{dF}{dx} = \frac{-c^2 y^2}{\{xy+c(x+y+xy)\}^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\gamma = \frac{C_0}{C_1}, x = \frac{C_x}{C_0}, y = \frac{C_y}{C_0}, c = \frac{C_c}{C_0} \dots\dots\dots (6)$$

$F(x, y, c)$: 正規化関数、 $\frac{1}{2\gamma} = 1$ とする、即ち、最大化変幅 = 1 とする周波数偏差を示す。

S_x : $F(x, y, c)$ を偏微分した値、 x の感度 (単位変化あたりの周波数偏差) を示す。

γ : 容量比、 x : 正規化可変容量1、 y : 正規化可変容量2、 c : 発振回路容量

【0004】

図 27 に $c = 25$ 、 $y = 20$ 、 30 、 80 とし、 x を可変、 $F(x, y, c)$ のシミュレーション図を示す。また図 28 に同図の拡大図を示す。この図から、

x が小さい領域で感度が大きく正規化周波数偏差の変化量が大きいことが分る。

図 2 9 は $\gamma = 200$ 、即ち最大化偏幅 $1/2 \gamma = 2500 \text{ ppm}$ とした場合の周波数偏差 $DL(x, y, c)$ と S_x を示す図である。図 3 0 は $x = 10$ とした場合の DL を基準とする周波数偏差を示す図である。図 3 1 は $y = 30$ で $x = 10$ とした場合の DL 曲線からのずれ、即ち $y = 30$ で $x = 10$ 、 $y = 80$ で $x = 10$ の各曲線の x の値に対する DL の差を示す図である。即ちこれは x の値に対する基準曲線からのずれであり、即ち干渉量となる。この図から明らかなように、 x の値が小さい程各曲線の偏差が大きくなることを示している。

図 3 2 の縦軸は図 3 1 の基準曲線からのずれの偏差を示し、横軸は図 3 0 の $x = 10$ を基準とし、 $y = 30$ とした場合の周波数偏差、即ち DL の値を示す。図 3 2 の場合、 x （可変容量 1）にて -40 ppm 周波数を下げ、それから y （可変容量 2）にて 30 ppm 周波数を上げると、約 1 ppm 程歪む、 -100 ppm 周波数を下げると、 2.8 ppm ほど歪むことになる。

このことは、2 つの可変を含む発振器、即ち $OCXO$ （高安定発振器）への温度補償機能付加、また $VCXO$ （電圧制御発振器）への温度補償機能付加、 $TCXO$ （温度補償発振器）への $Voltage \text{ Cont}$ （電圧制御機能）付加等について考慮すべき事項であることがわかる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

前記図 2 4 のように周波数の外部制御機能と温度補償機能等の負荷容量を可変するために、2 つ以上の負荷容量可変機能を備える発振器には相互の可変が可変量あるいは補償量に歪みを与えるという大きな課題がある。

また、水晶振動子の発振周波数は大きく負荷容量、周囲温度、及び振動子電流の 3 つの要素で可変できる。この中で、負荷容量可変による周波数の可変は最も多く使用されている。また高安定発振器では振動子、及び周辺回路の温度を一定にすることにより高い安定度を得ている。しかし振動子電流を使用して可変するという例はほとんど無く、一部の高安定発振器にて経年変化改善のため振動子電流を抑圧する回路を設けているに過ぎない。

そこで、本発明では振動子電流による周波数制御が負荷容量の可変量にほとん

ど影響を与えないことを利用して、振動子電流を制御することにより、水晶振動子の周波数温度特性を補償しようとするものである。

本発明は、かかる課題に鑑み、振動子電流を制御することにより、2つ以上の負荷容量可変機能を備える発振器では従来にない大きな可変範囲を得ることができると共に、高い温度安定度を得ることができる温度補償型圧電発振器を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明はかかる課題を解決するために、請求項1は、所定の周波数で励振される圧電素子を備えた圧電振動子、及び前記圧電素子に電流を流して前記圧電素子を励振させる発振用増幅器、を有する発振回路と、前記圧電振動子の電流を制御する振動子電流制御部と、前記圧電振動子の温度特性を補償する温度補償回路と、外部電圧により前記発振回路の負荷容量を可変して発振周波数を可変する可変容量ダイオードと、を備え、前記温度補償回路は、前記圧電振動子の温度特性を補償する関数電圧を発生し、該関数電圧を前記振動子電流制御部に入力することにより、前記振動子電流を制御して前記発振回路の発振周波数を可変して前記圧電振動子の温度特性を補償し、前記外部電圧により前記可変容量ダイオードの印加電圧を可変することにより、前記発振回路の発振周波数を可変することを特徴とする。

従来の発振器は、PLL回路（位相同期回路）等と接続して使用するため、発振回路内に負荷容量を可変し周波数を変化させるための可変機能を2つ以上設けることになる。これらの機能は必然的に可変範囲に干渉を起こすことになる。そこで本発明では、温度補償回路により関数電圧を発生して振動子電流を制御することにより、発振回路の発振周波数を可変として圧電振動子の温度特性を補償し、周波数の可変は発振器の負荷容量を、外部電圧を印加することにより容量が可変となる可変容量ダイオードを使用するものである。

かかる発明によれば、振動子電流を制御することにより、温度特性を補償するので、2つ以上の負荷容量可変機能を備える発振器において大きな可変範囲を得ることができると共に、相互の可変範囲に干渉を与えることなく高い温度安定度

を得ることができる。

請求項 2 は、所定の周波数で励振される圧電素子を備えた圧電振動子、及び前記圧電素子に電流を流して前記圧電素子を励振させる発振用増幅器、を有する発振回路と、前記圧電振動子の電流を制御する振動子電流制御部と、前記圧電振動子の温度特性を補償する温度補償回路と、外部電圧により前記発振回路の負荷容量を可変して発振周波数を可変する可変容量ダイオードと、を備え、前記温度補償回路は、前記圧電振動子の温度特性を補償する関数電圧を発生し、該関数電圧を前記可変容量ダイオードに印加して前記発振回路の負荷容量を可変することにより、前記発振回路の発振周波数を可変して前記圧電振動子の温度特性を補償し、前記外部電圧により前記振動子電流制御部に入力する電圧を可変することにより、前記発振回路の発振周波数を可変することを特徴とする。

請求項 1 では、温度特性を補償する温度補償回路を振動子電流制御部に接続して温度補償を行うが、本発明では、温度補償回路で発生した関数電圧を可変容量ダイオードに印加することにより、発振周波数を可変して温度補償を行うものである。また、周波数の可変は外部電圧を振動子電流制御部に印加することにより行うものである。

かかる発明によれば、請求項 1 と同様の作用効果を奏する。

【0007】

請求項 3 は、前記発振回路の負荷に、負荷容量を可変することにより前記発振回路の発振周波数を可変するリアクタンス素子を更に挿入することを特徴とする。

発振回路の負荷容量を可変することにより、温度補償電圧を印加したときの周波数偏差の勾配が変化する。言い換えると、負荷容量を可変することにより発振周波数を変えることができる。

かかる発明によれば、発振周波数を可変するリアクタンス素子を更に挿入したので、発振周波数を簡単な回路構成で変更することができる。

請求項 4 は、前記発振回路の負荷に、負荷容量を可変することにより前記発振回路の発振周波数を可変する可変リアクタンス素子を更に挿入し、当該発振器外部より前記可変リアクタンス素子の容量を可変することにより前記発振回路の発

振周波数を制御可能とすることを特徴とする。

リアクタンス素子を可変トリマのように任意にその容量が可変できれば、外部からそのトリマを可変して発振周波数を制御できる。

かかる発明によれば、リアクタンス素子を可変トリマのように任意に可変できる可変リアクタンス素子を使用するので、外部から容易に発振周波数を制御することができる。

請求項5は、負荷容量を可変することにより発生する補償歪みを補正する補正用可変容量ダイオードを更に備え、前記補正用可変容量ダイオードは、前記温度補償回路により発生する関数電圧により前記振動子電流制御部の負荷容量を可変することにより発生する補償歪みを補正するように働くことを特徴とする。

かかる発明によれば、補正用可変容量ダイオードを振動子電流制御部に備えるので、負荷容量を可変することにより発生する補償歪みを補正して、印加電圧に対する周波数偏差を更に低減することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図に示した実施形態を用いて詳細に説明する。但し、この実施形態に記載される構成要素、種類、組み合わせ、形状、その相対配置などは特定の記載がない限り、この発明の範囲をそれのみに限定する主旨ではなく単なる説明例に過ぎない。

一般に水晶振動子は水晶の応力・歪みとの関係が非直線であるため、その振動子電流によって共振周波数が下記のように変化することが確かめられている。

$$\frac{\Delta f}{f} = Ki^2$$

..... i : 振動子電流

..... K : カット・振動モード・電極寸法・・・等で決まる固有定数

この発振時の振動子電流を制御する方法として、一部の高安定水晶発振器（OCXO）でAGC回路を経年変化改善のために挿入しているが、回路的に複雑であり実用的ではない。

ここでは、同一出願人による特願2002-265000公報に記載されてい

る回路を用いることで、振動子電流が制御可能であることを利用して温度補償シミュレーションを行う。

【0009】

図1は、本発明の温度補償方式のブロック図である。この温度補償方式は、所定の周波数で励振される圧電素子を備えた水晶振動子11、及び圧電素子に電流を流して圧電素子を励振させる図示しない発振用増幅器、を有する発振回路12と、水晶振動子11の電流を制御する振動子電流制御回路13と、前記圧電振動子11の温度特性を補償する温度補償電圧発生回路15と、発振回路12の発振周波数を外部可変電圧16にて可変される外部可変用可変容量ダイオード17と、を備えて構成される。尚、振動子電流制御回路13は、振動子電流制御用可変容量ダイオード14と、コンデンサ1～3により構成される。

このブロック図の概略動作は、温度補償電圧発生回路15が、水晶振動子11の温度特性を補償する関数電圧を発生し、この関数電圧を振動子電流制御回路13に印加することにより、この振動子電流制御回路13は水晶振動子11の振動子電流を制御して発振回路12の発振周波数を可変とすることにより、水晶振動子11の温度特性を補償するものである。

図2は実施回路例を示す図である。同じ構成要素には同じ参照番号が付されているので、重複する説明は省略する。ここでは、各定数を以下のように設定した。

$R1 = 390\ \Omega$ 、 $R2 = 1\ k\ \Omega$ 、 $R3/R4 = 10\ k\ \Omega$ 、 $R5 = 20\ k\ \Omega$ 、 $R6/R7 = 100\ k\ \Omega$ 、 $C0 = \text{可変}$ 、 $C1/C2 = 27\ pF$ 、 $C3 = 100\ pF$ 、 $C4 = 10\ pF$ 、 $C5/C6 = 10000\ pF$ 、 $C7 = 0\ pF$ 、 $C8/C9 = 0.1\ \mu F$ 、 $TR1/TR2 = 2SC3732$ 、 $D1 = MA2S304$ 、 $Xtal = 26\ MHz$ 、 $At - Cut\ 1\ st$ 、 $VCC = 5\ Vdc$ 、 $VD = \text{直流電源}$ 、 $V = \text{高周波電圧計}$ 、 $Freq. C. = \text{周波数カウンター}$

発振回路はカスコード接続のコルピッツ発振回路であり、トランジスタTR1のコレクタとトランジスタTR2のエミッタ間に、挿入接続した振動子電流制御回路13に発振出力を供給する。また、振動子電流制御回路13には抵抗R6、R7を介して温度補償電圧発生回路15を接続して、関数電圧を供給する。

【0010】

図3は本発明の温度補償電圧発生回路15の回路図と振動子電流制御回路13の回路図である。同じ構成要素には同じ参照番号が付されているので、重複する説明は省略する。また下記に温度補償電圧発生回路15のシミュレーション時の定数を示す。

$R1 \cdot 3 \cdot 4 = 10\text{ k}\Omega$ 、 $R2 = 6.5\Omega$ 、 $R5 = \text{可変調整}$ 、 $D1 = 1\text{ S953}$ 、 $IC1 = \text{TC75S51FU}$

$R10 = 10\text{ k}\Omega$ 、 $R11 = 30\text{ k}\Omega$ 、 $IC2 = \text{TC75S51FU}$

$R12 = 10\text{ k}\Omega$ 、 $R13 = 140\text{ k}\Omega$ 、 $IC3 = \text{TC75S51FU}$

$R14 = 10\text{ k}\Omega$ 、 $R15 = 140\text{ k}\Omega$ 、 $IC4 = \text{TC75S51FU}$

$R6 = 9.6\text{ k}\Omega$ 、 $R7 = 11.1\text{ k}\Omega$ 、 $R8 = 11.3\text{ k}\Omega$ 、 $R9 = 8\text{ k}\Omega$

$R16 \cdot 17 \cdot 18 \cdot 21 \cdot 22 = 100\text{ k}\Omega$ 、 $R19 \cdot 20 = 200\text{ k}\Omega$ 、

$D2 = \text{MA2S304}$ 、 $C3 \cdot 4 \cdot 5 = 0.1\mu\text{F}$

$Xtal = 13\text{ MHz}$ 、 $\gamma = 240$ 、 $C0 = 1.35\text{ pF}$ 、 $Cp = 40\text{ pF}$ 、 $Cs = 35\text{ pF}$

$Vcc = 3.0\text{ V}$ 、

【0011】

図4は $C0 = 20\text{ pF}$ とし、 VD の電圧を可変することにより、可変容量ダイオードD1への印加電圧を可変する。縦軸は $VD = 1\text{ V}$ としたときの周波数を基準とする偏差を示し、横軸は VD 、可変容量ダイオードD1への印加電圧を示す。

同様に図5は $C0 = 12\text{ pF}$ 、図6は $C0 = 43\text{ pF}$ とした場合の結果を示す。各図よりD1への印加電圧に対し発振周波数及び振動子電流も同様な変化をしていることがわかる。

振動子電流は(7)式で求める。

$$I_X(\text{Xtal Current}) = \omega CV \dots \dots \dots (7)$$

V: C_3 の両端電圧: VV 単位rms

C: C_3 の容量 :100pF

$\omega = 2\pi f$ $f = 26\text{MHz}$

図7はVDの変化に対する各 C_0 をパラメーターとする振動子電流の変化を示す。この図から振動子電流の変化はほとんど C_0 の値によらないことが解る。

図8はVDの変化に対する各 C_0 をパラメーターとする周波数偏差を示す。この図から明らかに、 C_0 の値により僅かであるが変化量が異なることが解る。

図9は、可変容量ダイオードD1: MA2S304の印加電圧対容量変化特性を示すものであり、実測データ及びその近似関数を示す図である。この図から近似関数に良く一致していることが解る。

図10は、可変容量ダイオードD1の容量変化に対する振動子電流を示す図である。この図から、容量 C_0 の変化に殆ど影響されないことが解る。

図11は、可変容量ダイオードD1の容量変化に対する周波数偏差を示す。但しVD=1Vdc、CV=26pFを基準とする。また各 C_0 をパラメータとした近似関数を示す。

図12は容量: C_0 を可変した場合の発振周波数変化を示す図である。但し $C_0 = 20\text{pF}$ を基準とする。またD1容量は、VD=1Vdc、即ちCV=26pFとする。この結果より $C_0 = 12\text{pF} \sim C_0 = 43\text{pF}$ まで可変すると周波数偏差として約280ppmの変化を得る。

【0012】

図13は本回路定数でのシミュレーション結果を示す図である。図の各記号は図3の各記号の電圧変化を示す。

[a] は演算増幅器IC1の出力で温度変化に対し単調減少を示す。

[b] は演算増幅器IC2の出力で振動子の変曲点近傍の変化を補償する、0℃近くより50℃近くまで単調増加を示す。

[c] は演算増幅器IC3の出力で振動子の低温度側を補償する、-30℃近くから-10℃近くまで単調増加を示す。

[d] は演算増幅器IC4の出力で振動子の高温側を補償する、65℃近

くから 90℃ 近くまで単調増加を示す。

図 14 に同じく、図 3 の温度補償電圧発生回路 15 の各部の電圧変化を示す。

[e] は [b] と V_{cc} を合成した電圧変化を示す。[f] は [c] と [d] を合成した電圧変化を示す。[VD] は可変容量ダイオードのカソード・アノード間の電圧変化を示す。

【0013】

図 15 は、図 11 に基づき、振動子電流制御用可変容量ダイオード：D1 の変化による発振周波数偏差に従い、温度補償をシミュレーションした結果である。

即ち、温度補償電圧発生回路 15 からの補償電圧を振動子電流制御用可変容量ダイオード：D1 で受け振動子電流制御回路 13 の容量変化とする。図 11 より、 C_0 をパラメータとする容量変化対周波数偏差の関係式より、振動子の温度特性を適切に補償する並列容量 C_7 及び $C_8 \cdot C_9$ を設定する。本シミュレーションでは、1. $C_0 = 20 \text{ pF}$ に設定、 $C_7 = 5 \text{ pF}$ 、 $C_8 / C_9 = 66 \text{ pF}$ に設定することにより温度補償シミュレーションを行う。その結果、 $-30^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ で温度補償特性 $\pm 2 \text{ ppm}$ 以下を得る。

2. 上記設定のまま、「即ち、 $C_7 = 5 \text{ pF}$ 、 $C_8 / C_9 = 66 \text{ pF}$ に設定したまま、」 $C_0 = 12 \text{ pF}$ 、及び $C_0 = 43 \text{ pF}$ に変更する。その結果 $C_0 = 12 \text{ pF}$ では 0°C 近傍で周波数約 0.8 ppm 上昇、 55°C 近傍では周波数約 0.8 ppm 低下する。また、 $C_0 = 43 \text{ pF}$ では 0°C 近傍で周波数約 1 ppm 低下、 55°C 近傍では周波数約 1 ppm 上昇する。

更に、図 12 の C_0 対周波数偏差結果より $C_0 = 20 \text{ pF} \rightarrow C_0 = 12 \text{ pF}$ の負荷容量可変により $+150 \text{ ppm}$ 上昇、 $C_0 = 20 \text{ pF} \rightarrow C_0 = 43 \text{ pF}$ に負荷容量可変により -130 ppm 低下する。

即ち、従来の負荷容量可変だけによる温度補償と外部可変では得ることのできない結果である。

図 16 は、本発明の温度補償方式の他の例のブロック図である。同じ構成要素には同じ参照番号が付されているので、重複する説明は省略する。図 16 が図 1 と異なる点は、温度補償電圧発生回路 15 と外部可変 16 の位置が異なる点である。即ち、外部可変 16 により振動子電流制御回路 13 を制御し、温度補償電圧

発生回路 15 により可変容量ダイオード 17 を可変して温度補償している。

以上のように、本発明は水晶振動子の温度特性を補償するための周波数変化を振動子電流を制御することにより行い、外部制御により周波数を可変する必要がある場合は従来通り負荷容量可変とする。

このようにすることにより、それぞれの干渉がなくなるため、特に外部可変による周波数変化を大きくすることができる。また外部可変による温度補償量への干渉が少ないため優れた温度特性を得ることもできる。このことは、これからの水晶発振器あるいは圧電発振器の機能拡大に大きく貢献することが予測される。

【0014】

図 17 は図 8 に示す結果、即ち負荷容量の値による振動子電流制御可変容量ダイオード D1 への印加電圧による周波数偏差の相違（負荷容量可変による補償歪み）を補正する回路を示す図である。本発明による振動子電流制御方式の制御量はコレクタ・エミッタ間容量とエミッタ・GND 間容量の比で決まり、コレクタ・エミッタ間容量に対しエミッタ・GND 間容量が小さいほど制御量は大きくなる。

このことより、外部電圧 V_c の可変により可変リアクタンス素子（可変容量ダイオード D2）を制御し、負荷容量を可変することで周波数を可変すると同時に、エミッタ・GND 間に可変リアクタンス素子（可変容量ダイオード D3）を挿入し、外部電圧 V_c により同ダイオードの容量を可変することにより、可変容量ダイオード D2 を制御するに伴う負荷容量可変による補償歪みを補正することができる。この場合、負荷容量を小さくし周波数を高く可変することと、エミッタ・GND 間の容量を小さくし補償量を増加し、歪み補正を行うことが、更に負荷容量を小さくすることであり、補正歪み制御が周波数可変と同一制御でできることは大きな効果である。

図 18 は振動子に直列に接続するコンデンサ C_0 に対し下記の対策を行い測定した結果である。

$C_0 = 20 \text{ pF}$ …エミッタ・GND 間容量： $C_2 = 27 \text{ pF}$ を基準とし、 $C_0 = 12 \text{ pF}$ …エミッタ・GND 間容量： $C_2 = 18 \text{ pF}$ 、 $C_0 = 43 \text{ pF}$ …エミッタ・GND 間容量： $C_2 = 30 \text{ pF}$ 、として、補正歪みを行い、振動子電流制

御可変容量ダイオードD1への印加電圧による周波数偏差を示した。

補正前図8の結果では、補正前 $V_D = 2V_{dc}$ に対し 相違量（歪み量）＝約8ppmに対し、補正後 $V_D = 2V_{dc}$ では、相違量（歪み量）＝約2ppmとなり、これが歪み（D1印加電圧対周波数偏差特性における容量 C_0 の依存性）改善となる。

図19は歪み補正を行った場合の振動子電流制御可変容量ダイオードD1への容量変化による周波数偏差の関係を示す図である。

図20は補正歪みを行った場合の温度特性シミュレーション結果を示す図である。

図21は図15の温度特性シミュレーション、即ち歪み補正前の結果を示す図である。

以上の結果から明らかなように、補正前の歪み量＝約1.6ppmが補正を行うことにより、歪み補正後＝約0.4ppmに改善、約1/4になることを示している。

【0015】

【発明の効果】

以上記載のごとく請求項1の発明によれば、振動子電流を制御することにより、温度特性を補償するので、2つ以上の負荷容量可変機能を備える発振器において大きな可変範囲を得ることができると共に、相互の可変範囲に干渉を与えることなく高い温度安定度を得ることができる。

また請求項2では、請求項1と同様の作用効果を奏する。

また請求項3では、発振周波数を可変するリアクタンス素子を更に挿入したので、発振周波数を簡単な回路構成で変更することができる。

また請求項4では、リアクタンス素子を可変トリマのように任意に可変できる可変リアクタンス素子を使用するので、外部から容易に発振周波数を制御することができる。

また請求項5では、補正用可変容量ダイオードを振動子電流制御部に備えるので、負荷容量を可変することにより発生する補償歪みを補正して、印加電圧に対する周波数偏差を更に低減することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の温度補償方式のブロック図である。

【図 2】

本発明の温度補償方式の回路実施例の図である。

【図 3】

本発明の温度補償方式の実施回路例（補償電圧発生回路）の図である。

【図 4】

本発明の実施回路例－ 1、D 1 印加電圧対周波数偏差&振動子電流を示す図である。

【図 5】

本発明の実施回路例－ 2、D 1 印加電圧対周波数偏差&振動子電流を示す図である。

【図 6】

本発明の実施回路例－ 3、D 1 印加電圧対周波数偏差&振動子電流を示す図である。

【図 7】

本発明の実施回路例－ 4、D 1 印加電圧対振動子電流を示す図である。

【図 8】

本発明の実施回路例－ 5、D 1 印加電圧対周波数偏差を示す図である。

【図 9】

本発明の可変容量ダイオード D 1 : MA 2 S 3 0 4 の測定結果と近似関数を示す図である。

【図 1 0】

本発明の実施回路例－ 6、D 1 可変容量対振動子電流を示す図である。

【図 1 1】

本発明の実施回路例－ 7、D 1 可変容量対周波数偏差を示す図である。

【図 1 2】

本発明の実施回路例－ 8、C 0 可変容量対周波数偏差を示す図である。

【図 1 3】

本発明の実施回路例－ 9、温度補償電圧発生回路シミュレーション結果－ 1 を示す図である。

【図 1 4】

本発明の実施回路例－ 1 0、温度補償電圧発生回路シミュレーション結果－ 2 を示す図である。

【図 1 5】

本発明の実施回路例－ 1 1 振動子の温度特性と温度補償周波数偏差及び補償のシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 6】

本発明の温度補償方式他の例のブロック図である。

【図 1 7】

温度補償方式の歪み補正回路実施例を示す図である。

【図 1 8】

発明回路（歪み補正回路付き）実施例－ 1 2 D 1 印加電圧対周波数偏差を示す図である。

【図 1 9】

発明回路（歪み補正回路付き）実施例－ 1 3 D 1 可変容量対周波数偏差を示す図である。

【図 2 0】

発明回路（歪み補正回路付き）実施例－ 1 4 温度補償のシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 1】

発明回路実施例－ 1 5 温度補償のシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 2】

発明温度補償方式（歪み補正回路付き）のブロック図である。

【図 2 3】

A t－C u t 振動子の切断角度の相違による温度特性シミュレーションを示す図である。

【図 2 4】

従来温度補償方式のブロック図である。

【図 2 5】

共振周波数等価ブロック図-1 である。

【図 2 6】

共振周波数等価ブロック図-2 である。

【図 2 7】

F (x、y、c) & S_x シミュレーション図である。

【図 2 8】

F (x、y、c) & S_x シミュレーション拡大図である。

【図 2 9】

D (x、y、c) & S_x シミュレーション図である。

【図 3 0】

D (x、y、c) & S_x シミュレーション図である。

【図 3 1】

ΔF (x、y、c) シミュレーション図である。

【図 3 2】

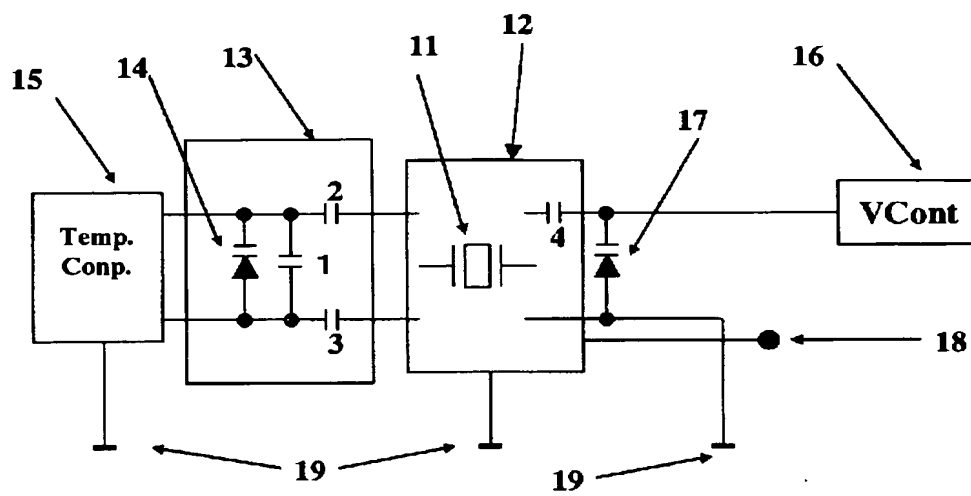
ΔF (x、y、c) & F シミュレーション図である。

【符号の説明】

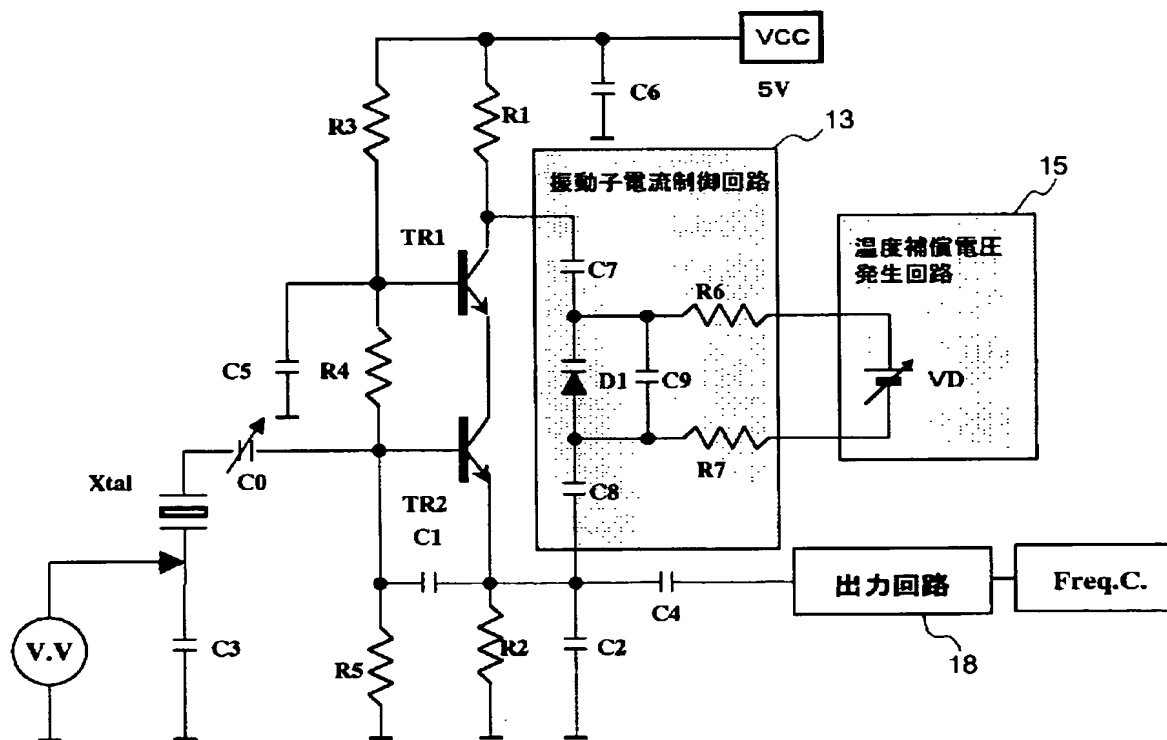
11 水晶振動子、12 発振回路、13 振動子電流制御回路、14 振動子電流制御用可変容量ダイオード、15 温度補償電圧発生回路、16 外部可変、17 外部可変用可変容量ダイオード、18 出力回路、19 GND

【書類名】 図面

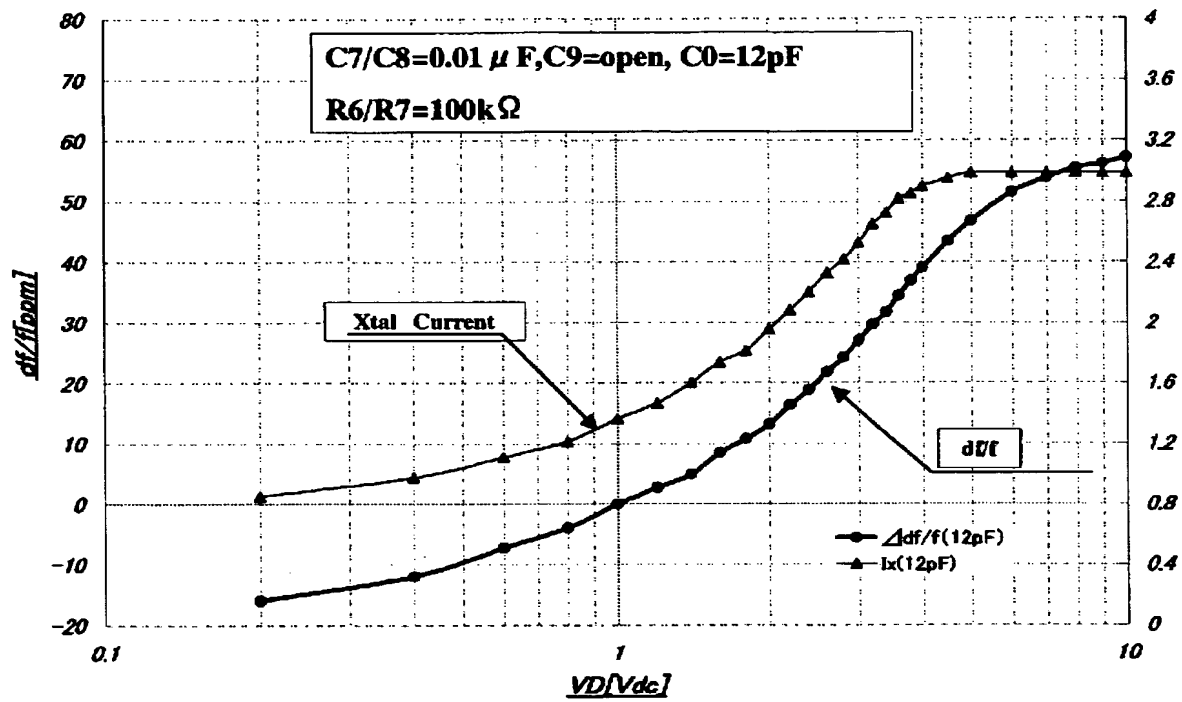
【図 1】



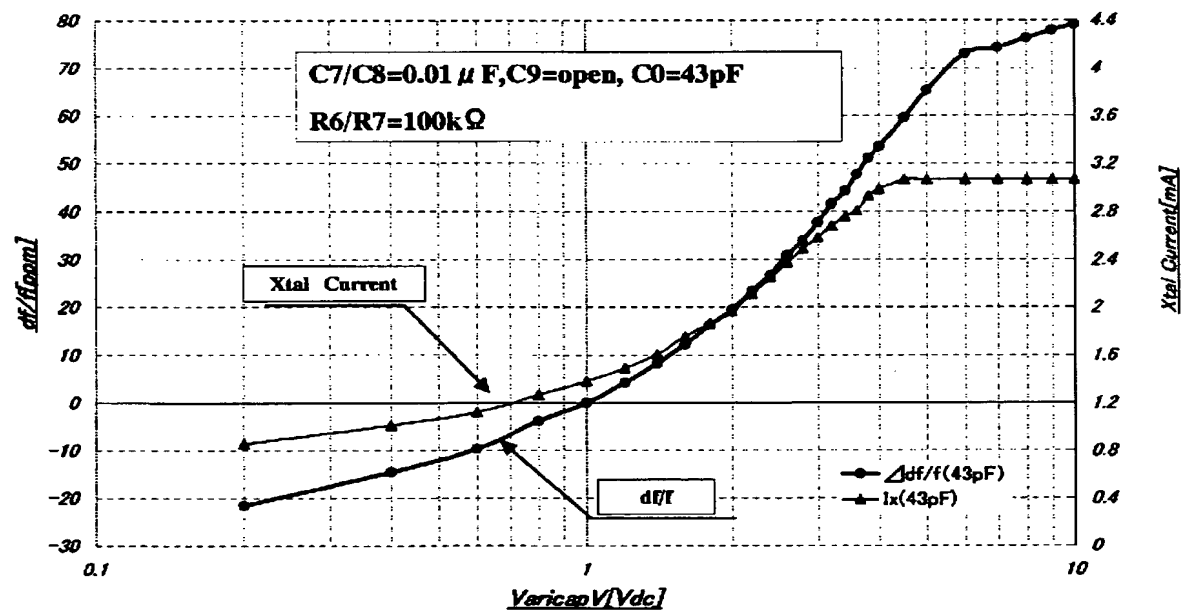
【図 2】



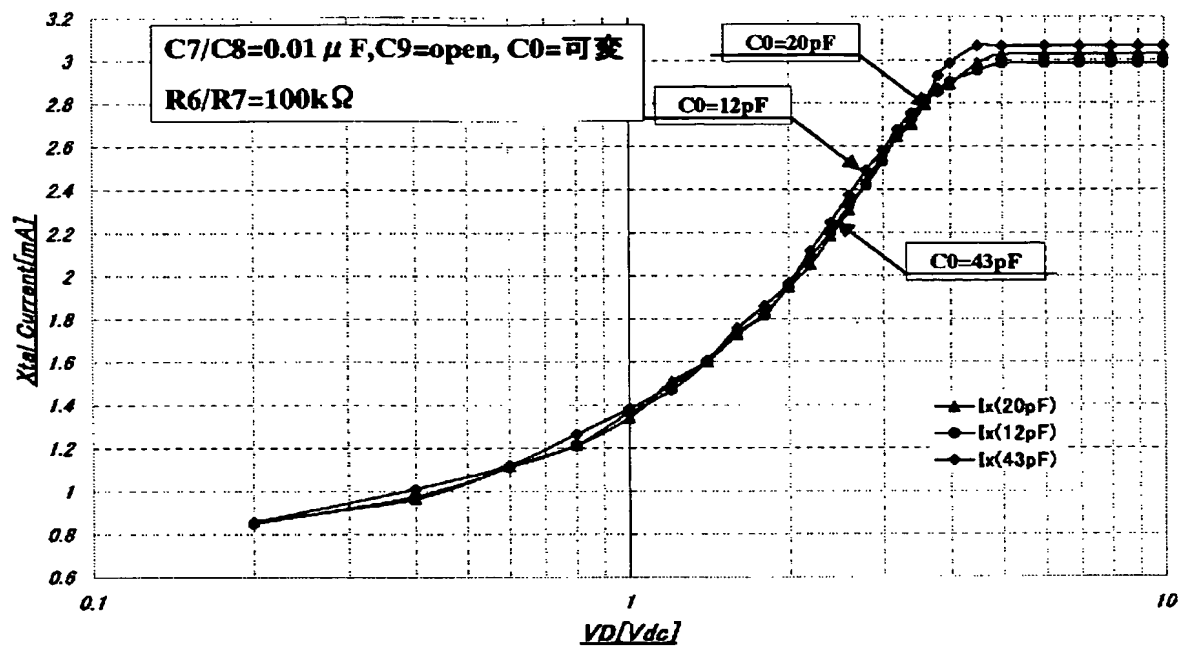
【図 5】



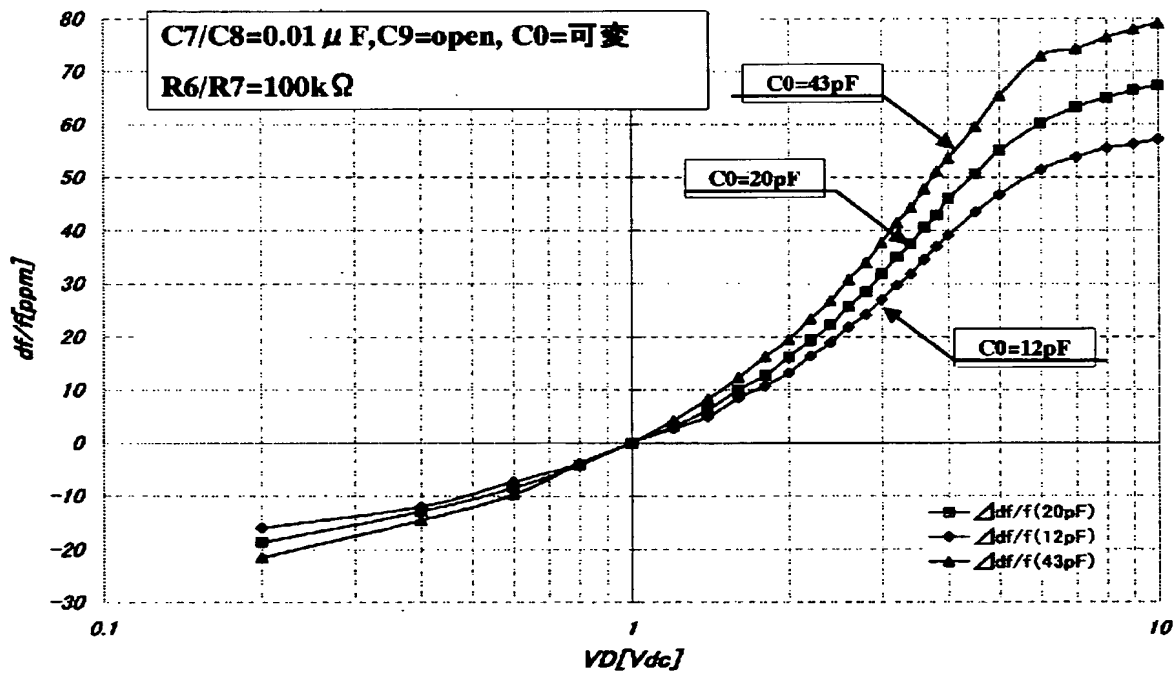
【図 6】



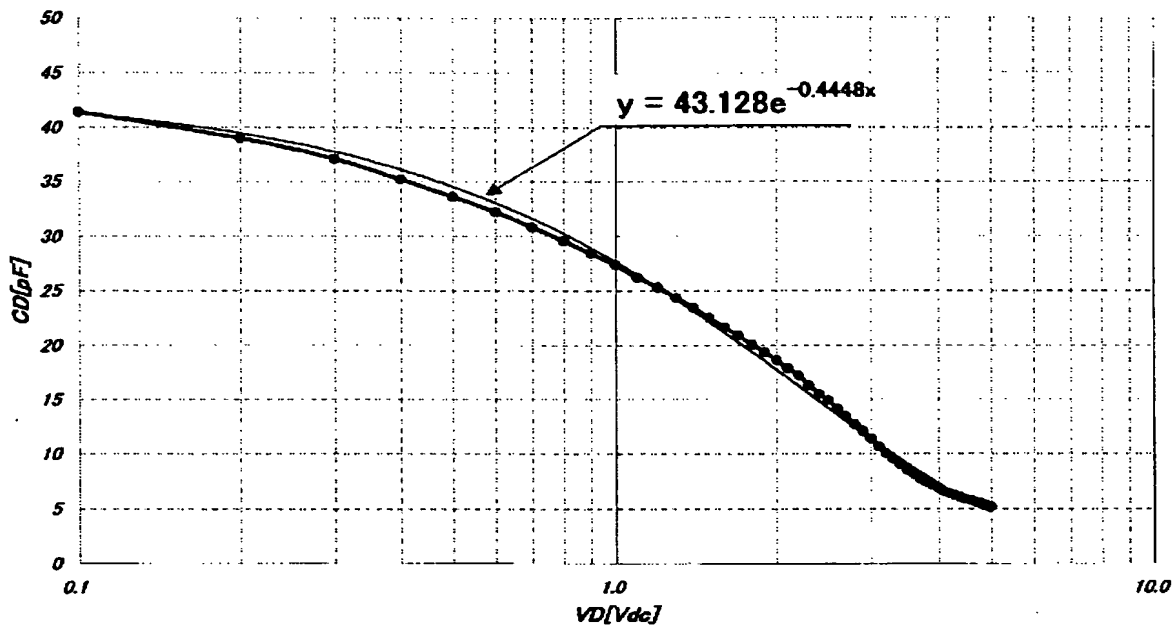
【図 7】



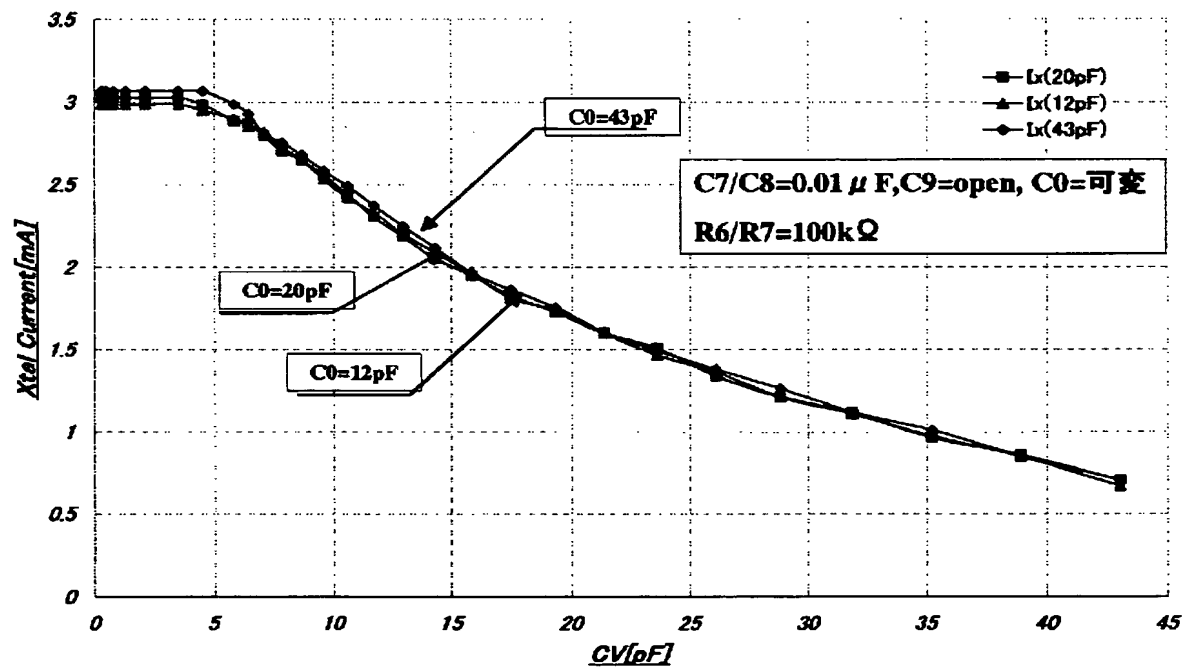
【図 8】



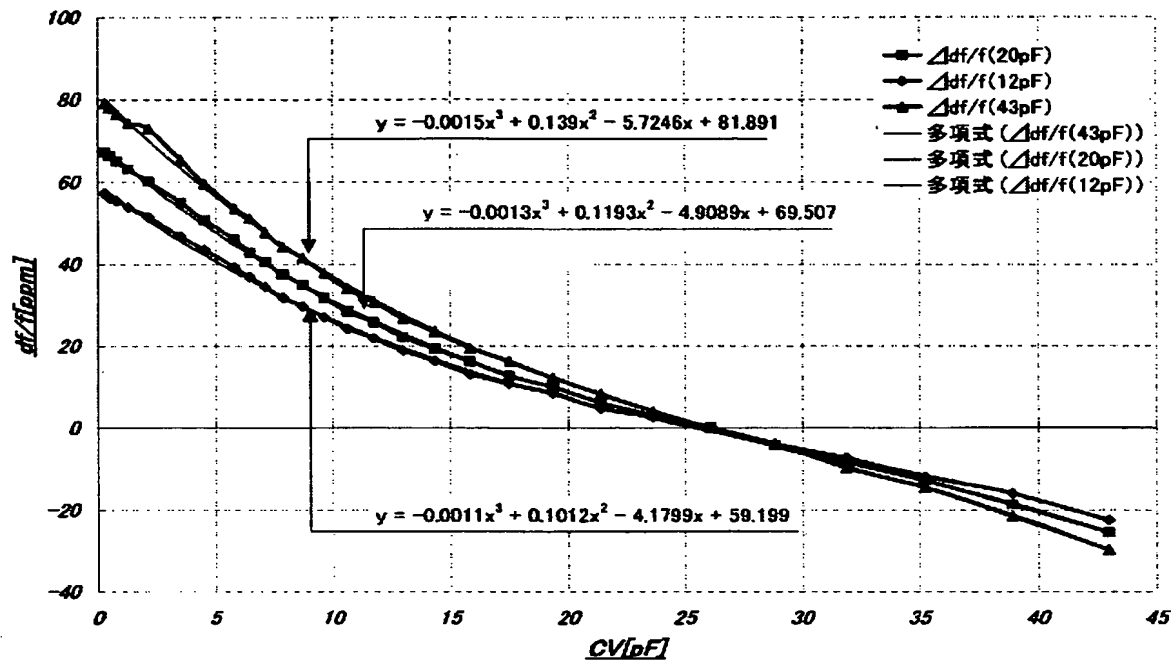
【図 9】



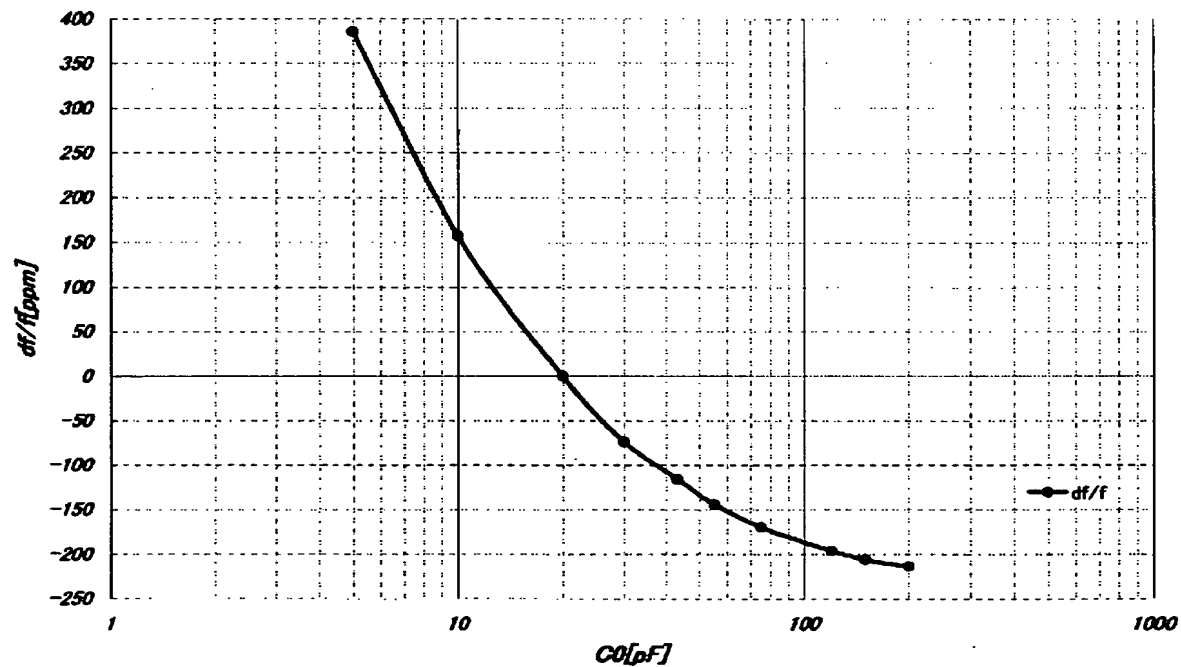
【図 10】



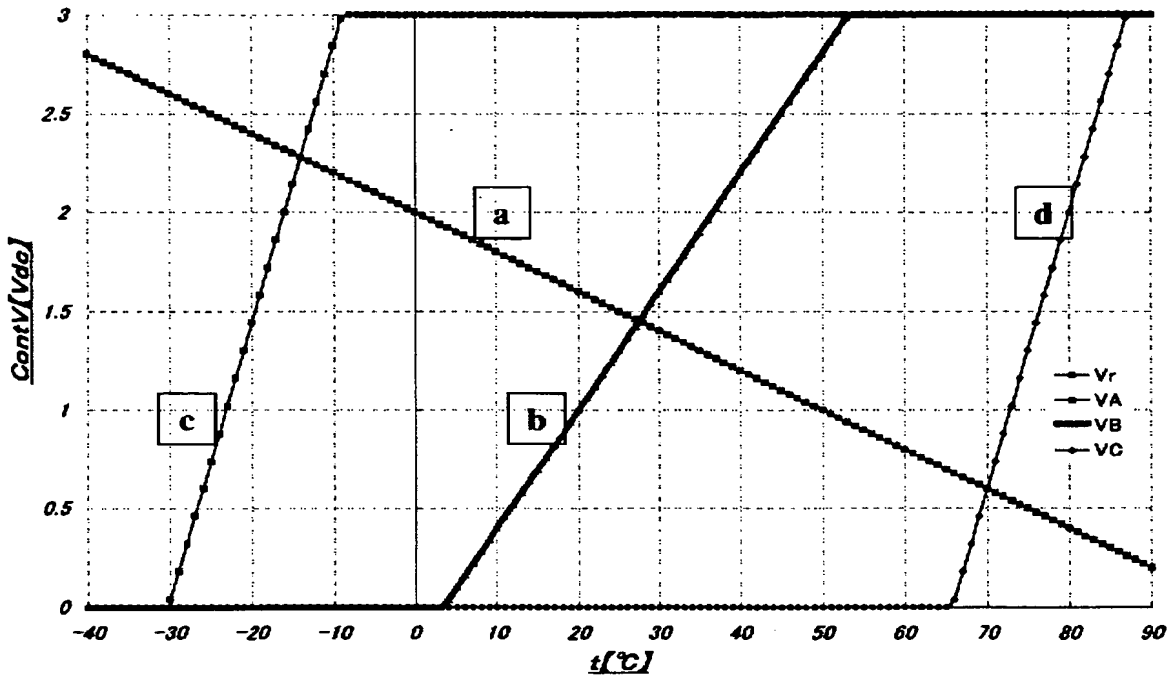
【図 1 1】



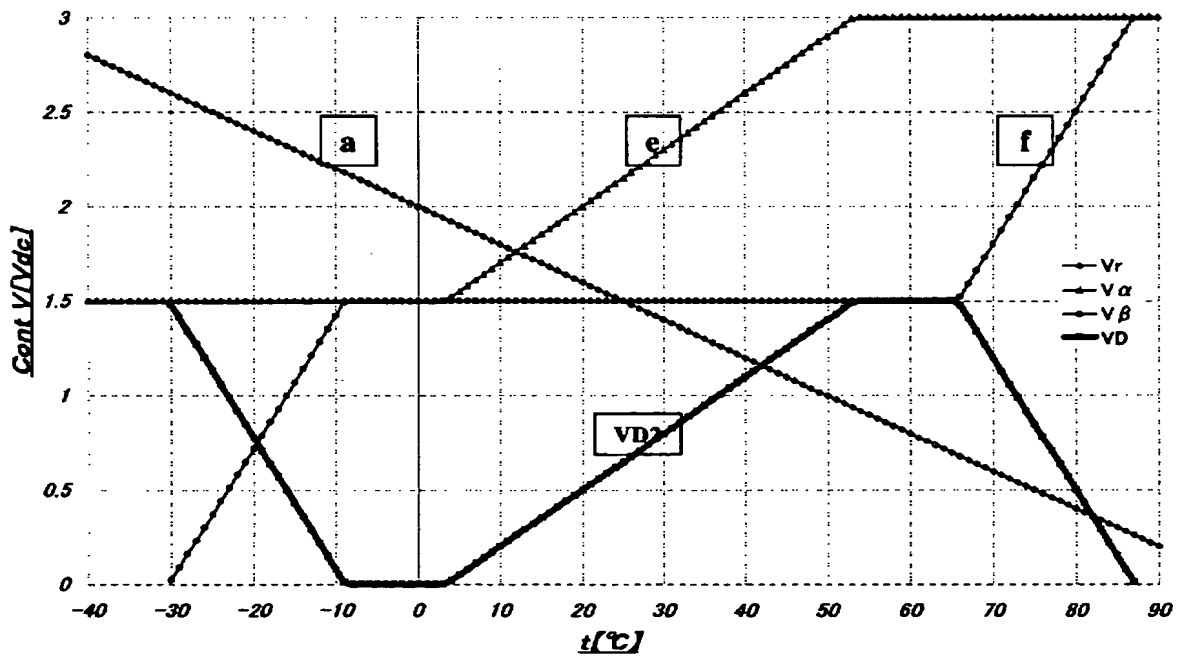
【図 1 2】



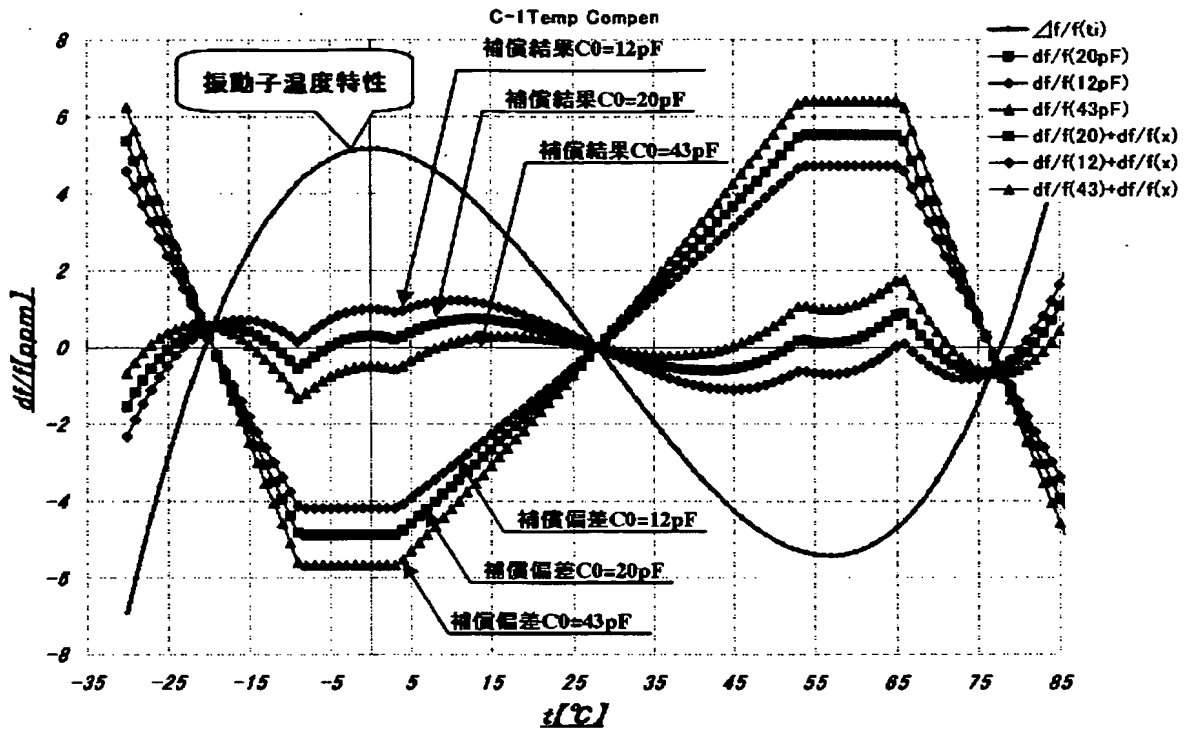
【図 13】



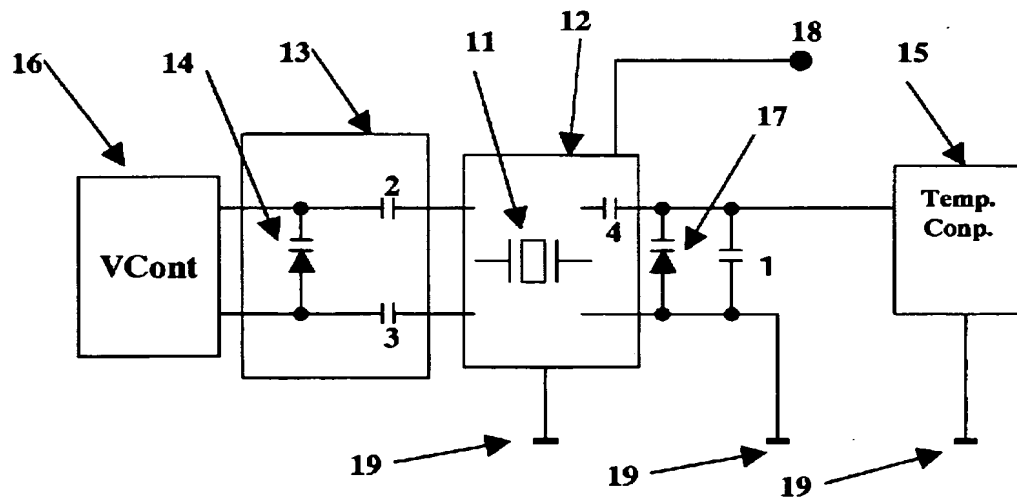
【図 14】



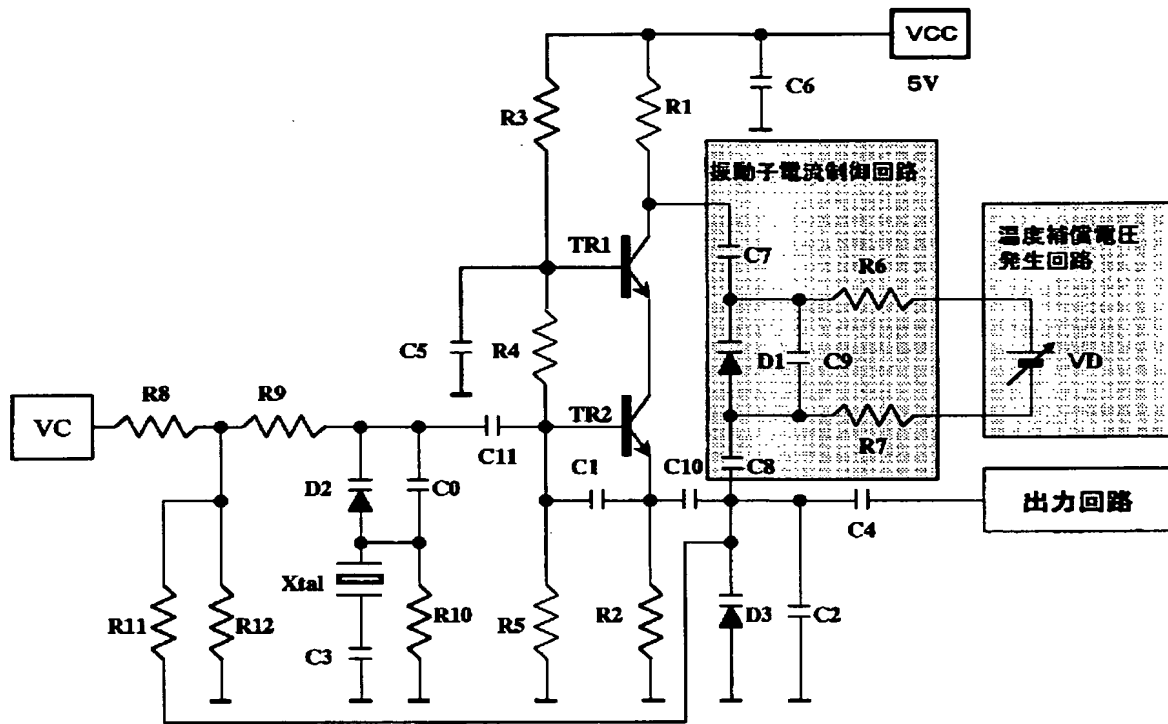
【図 15】



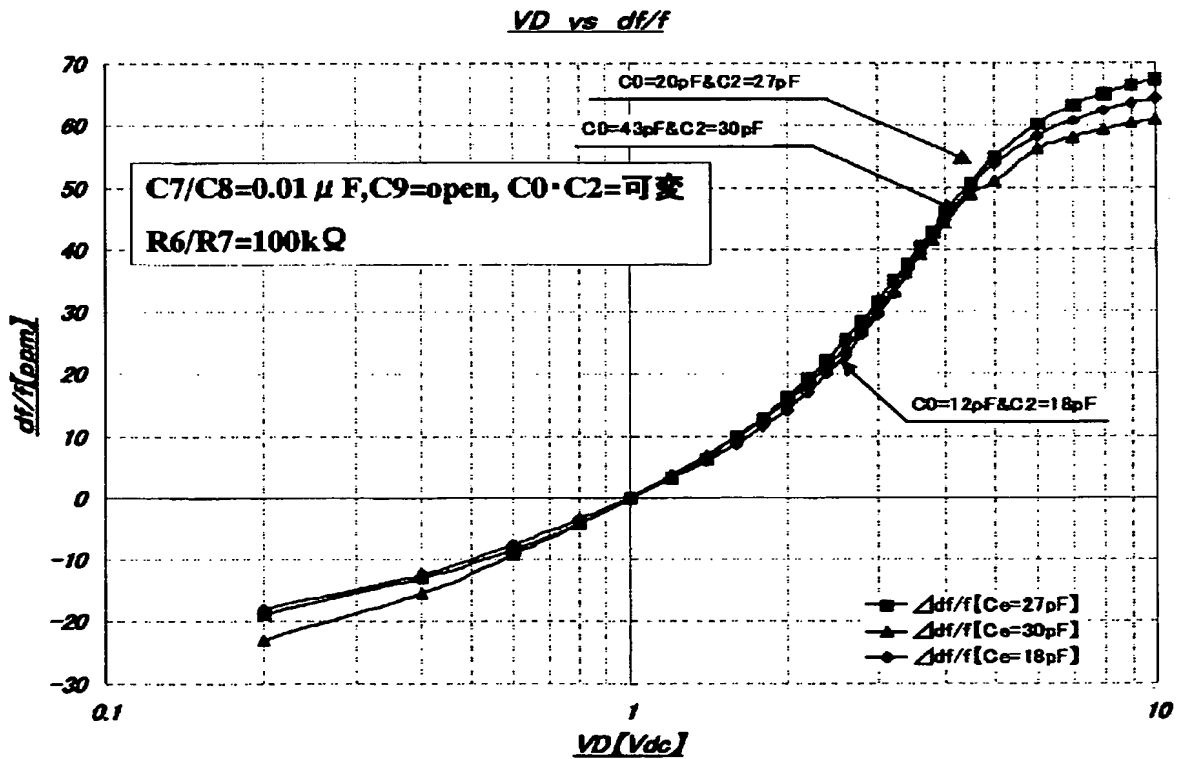
【図 16】



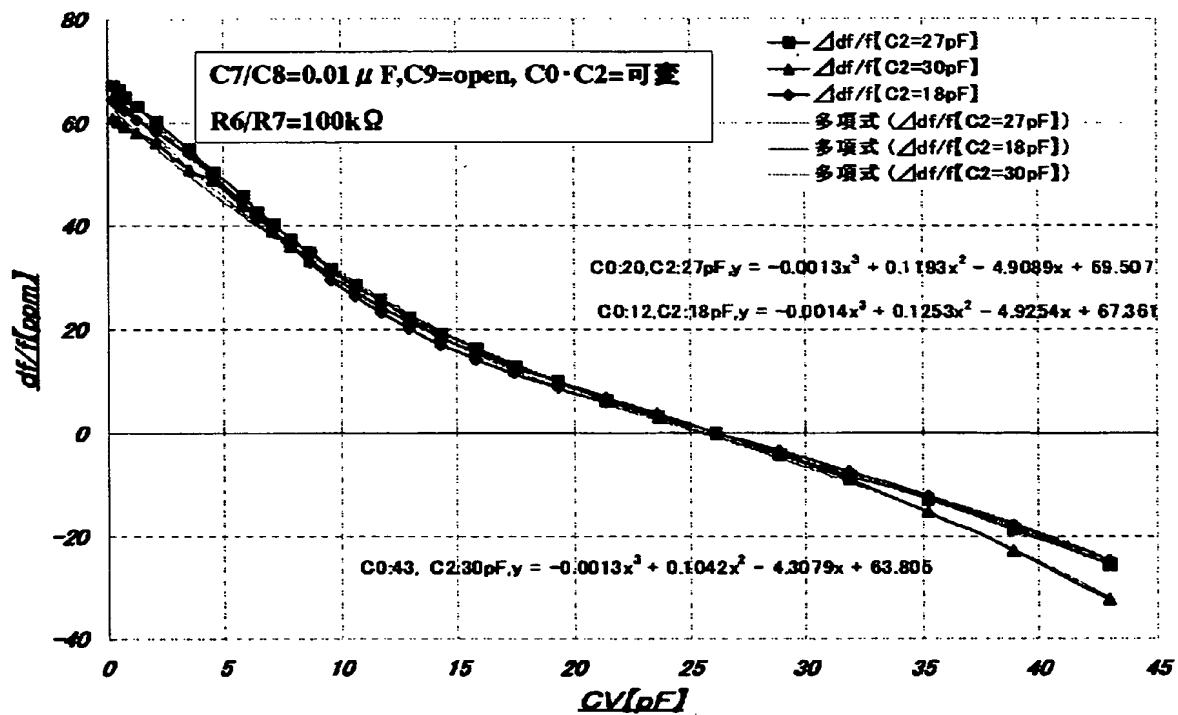
【図17】



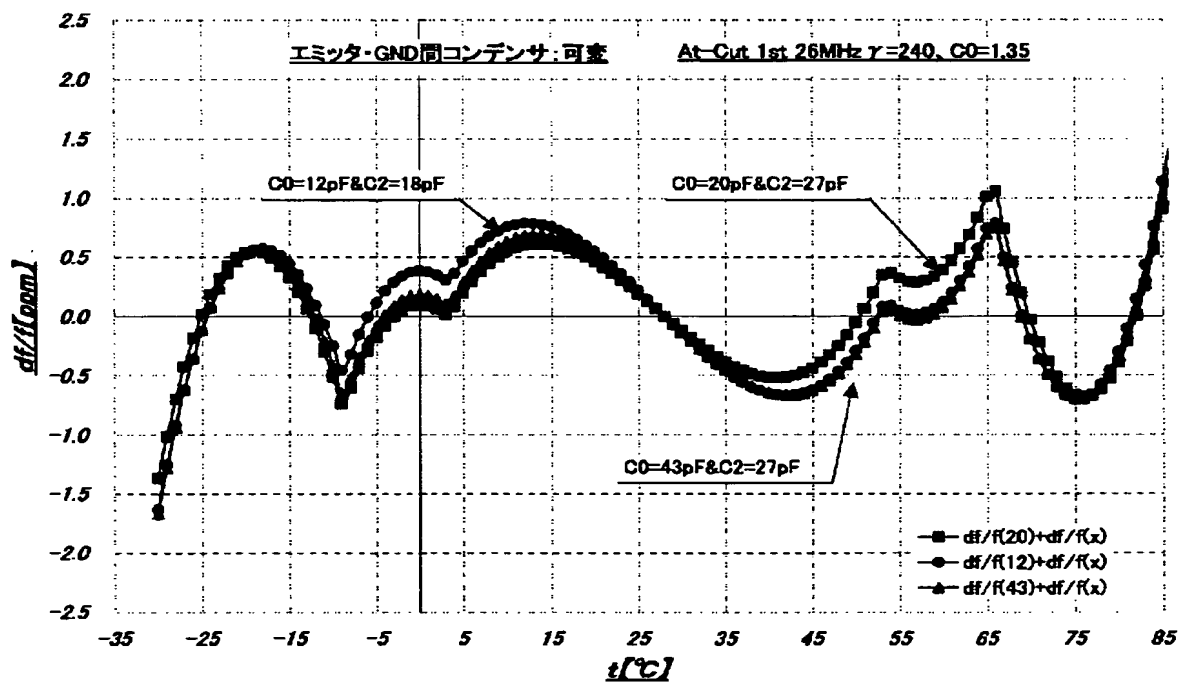
【図18】



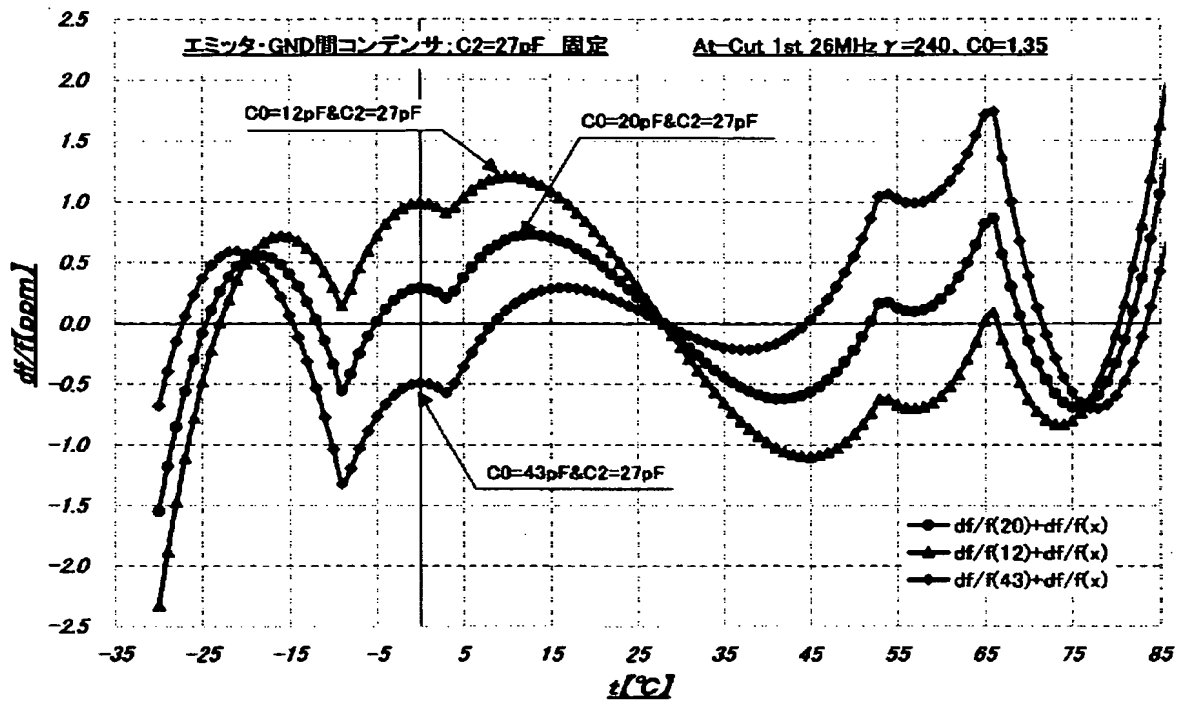
【図 19】



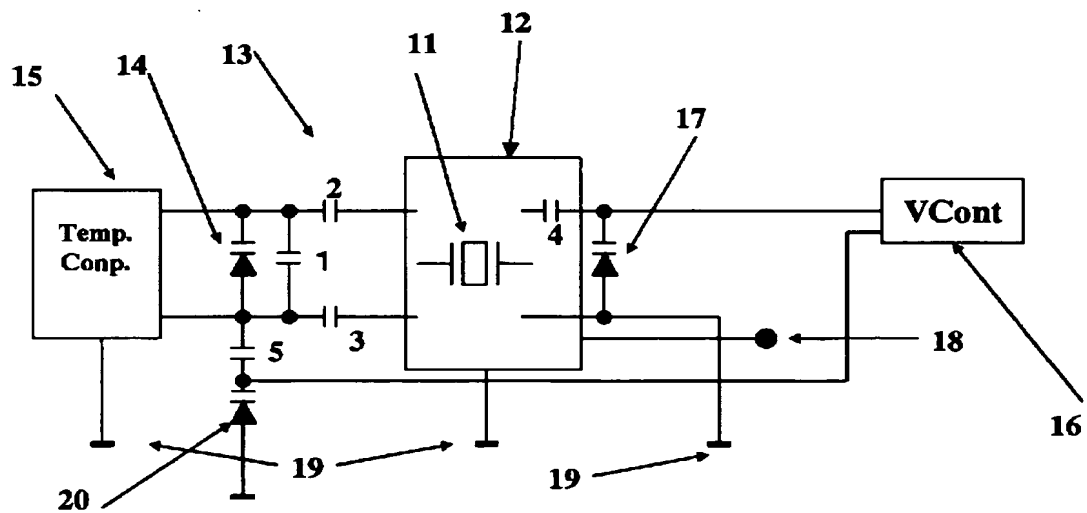
【図 20】



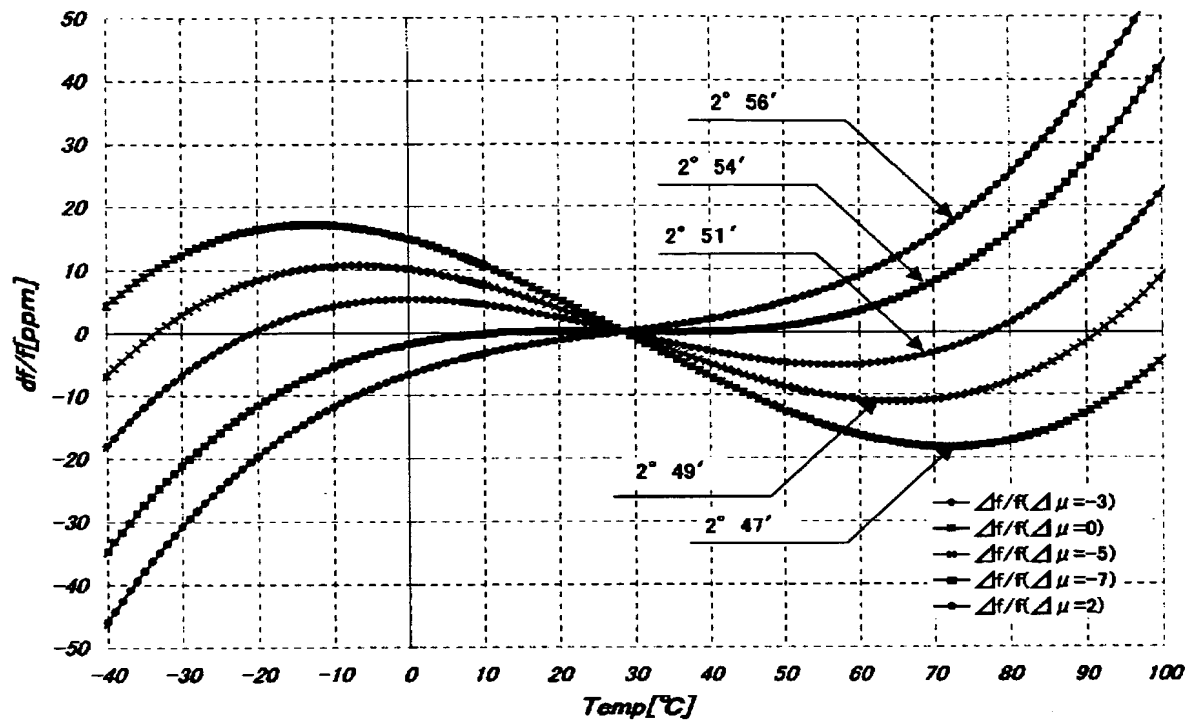
【図 2 1】



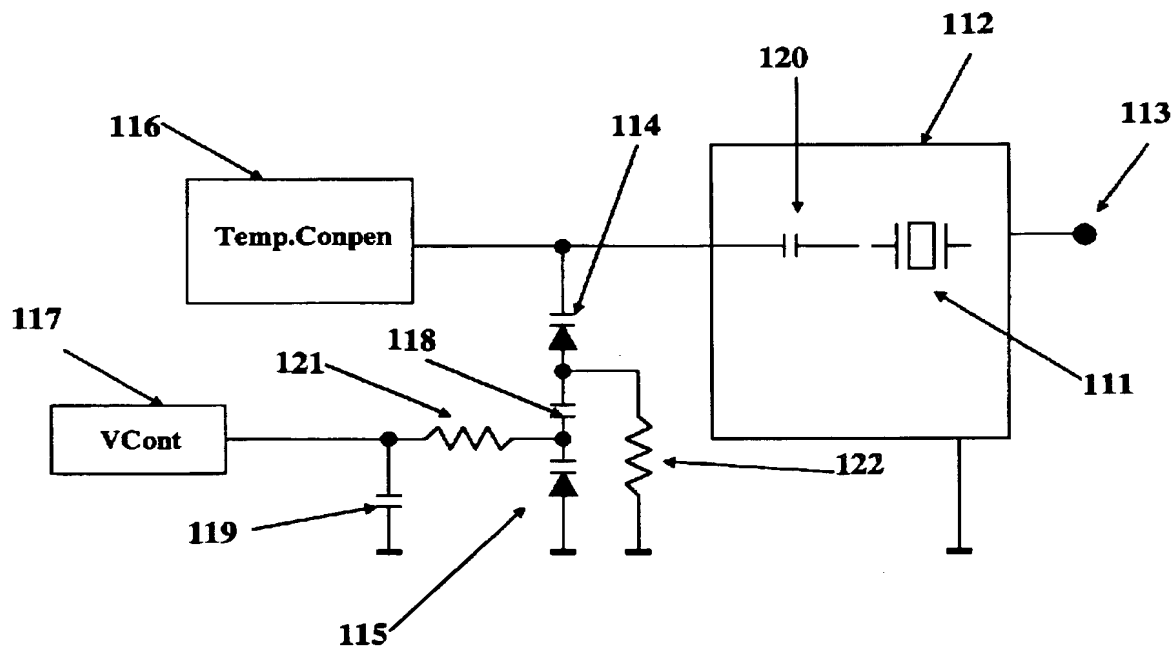
【図 2 2】



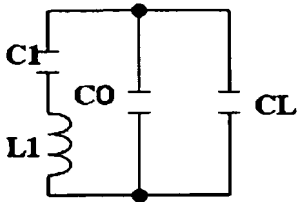
【図 23】



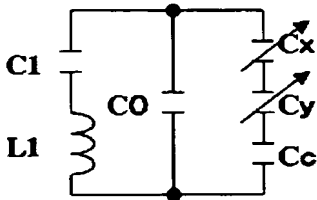
【図 24】



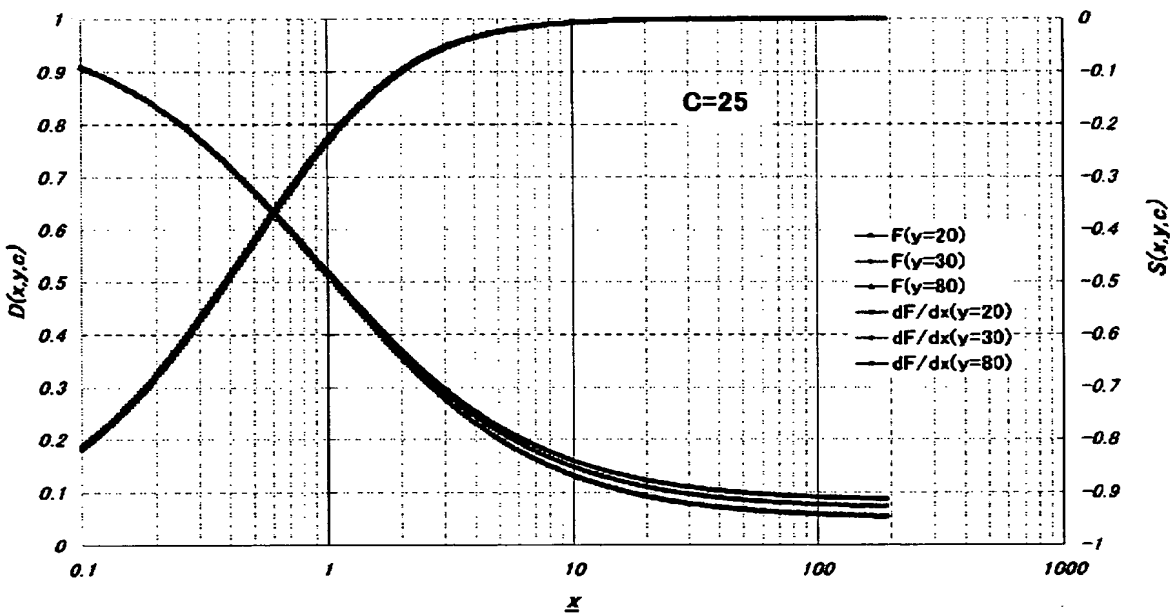
【図 2 5】



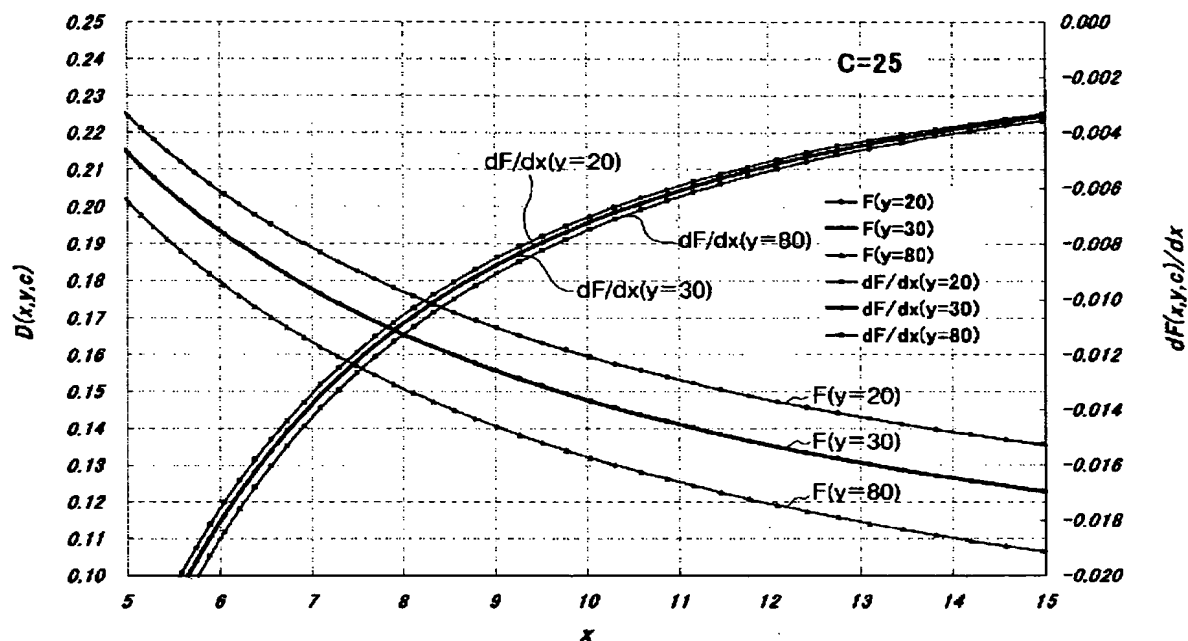
【図 2 6】



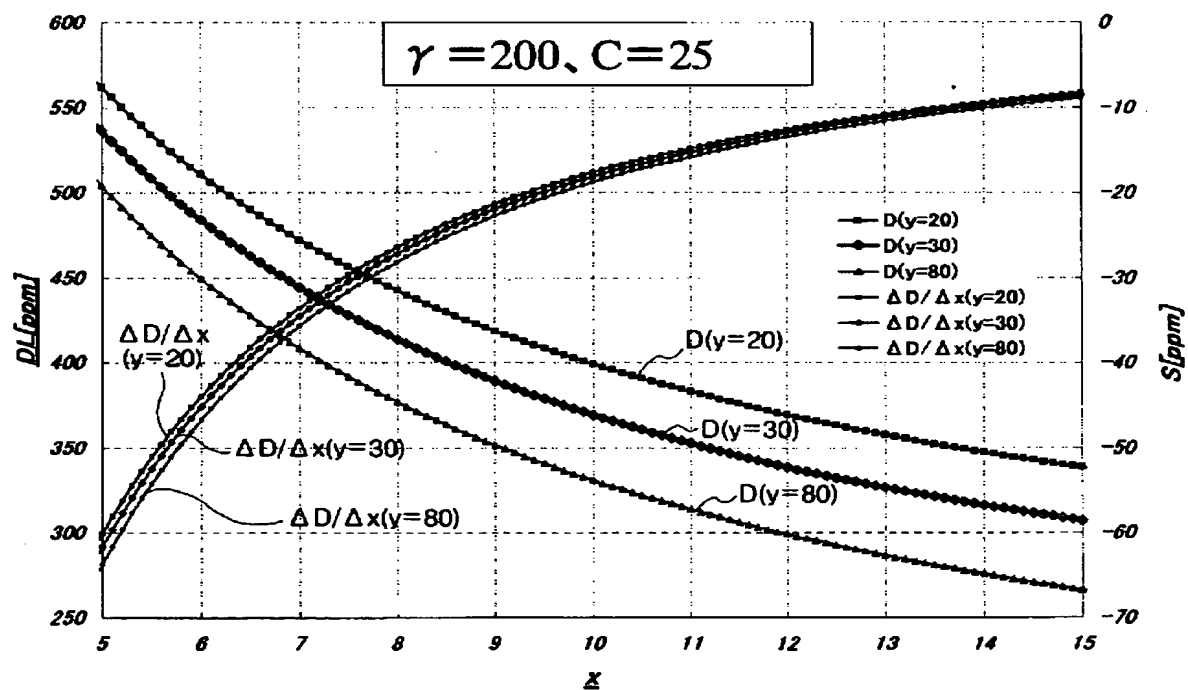
【図 2 7】



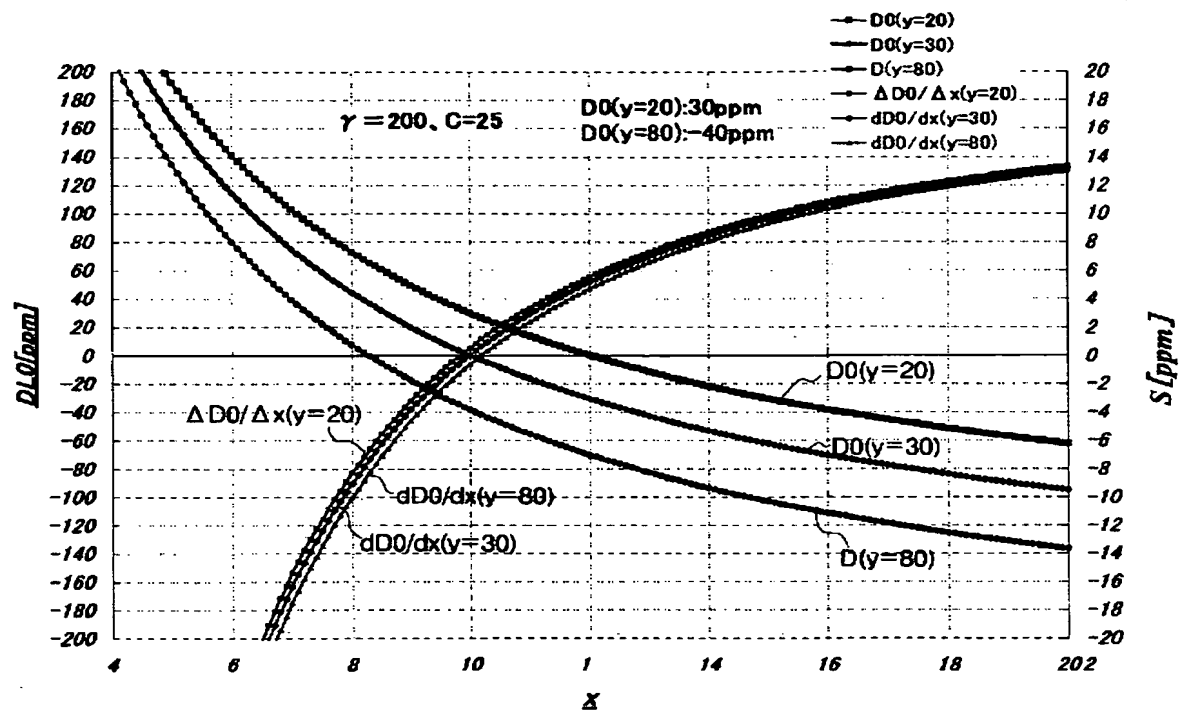
【図 28】



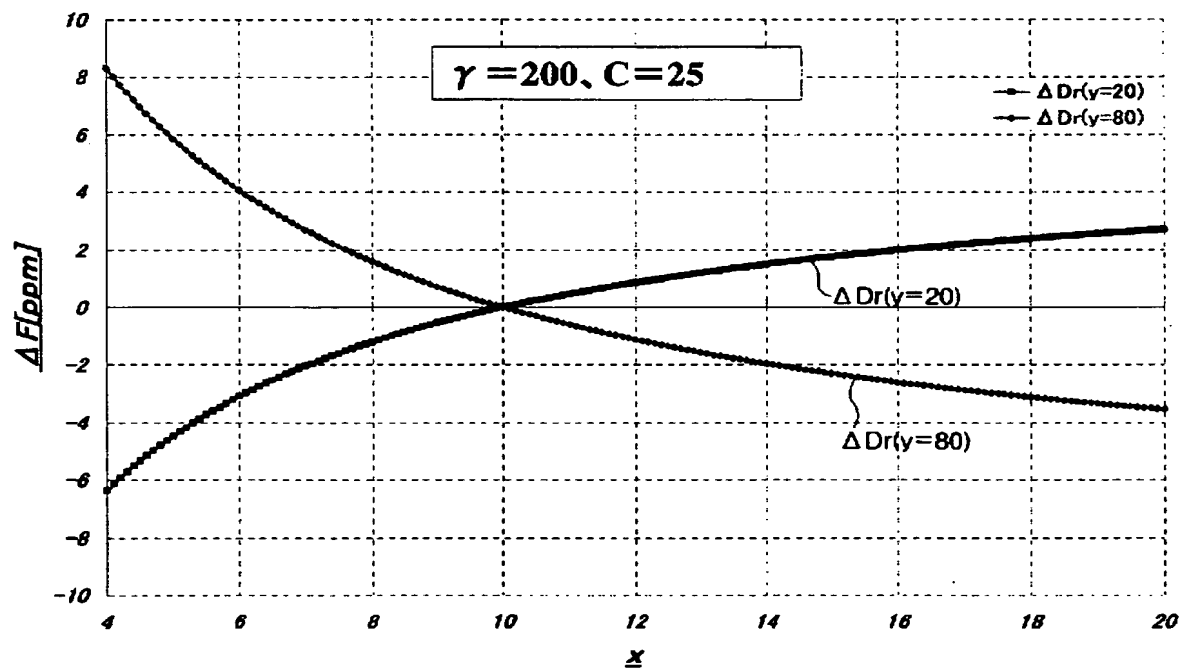
【図 29】



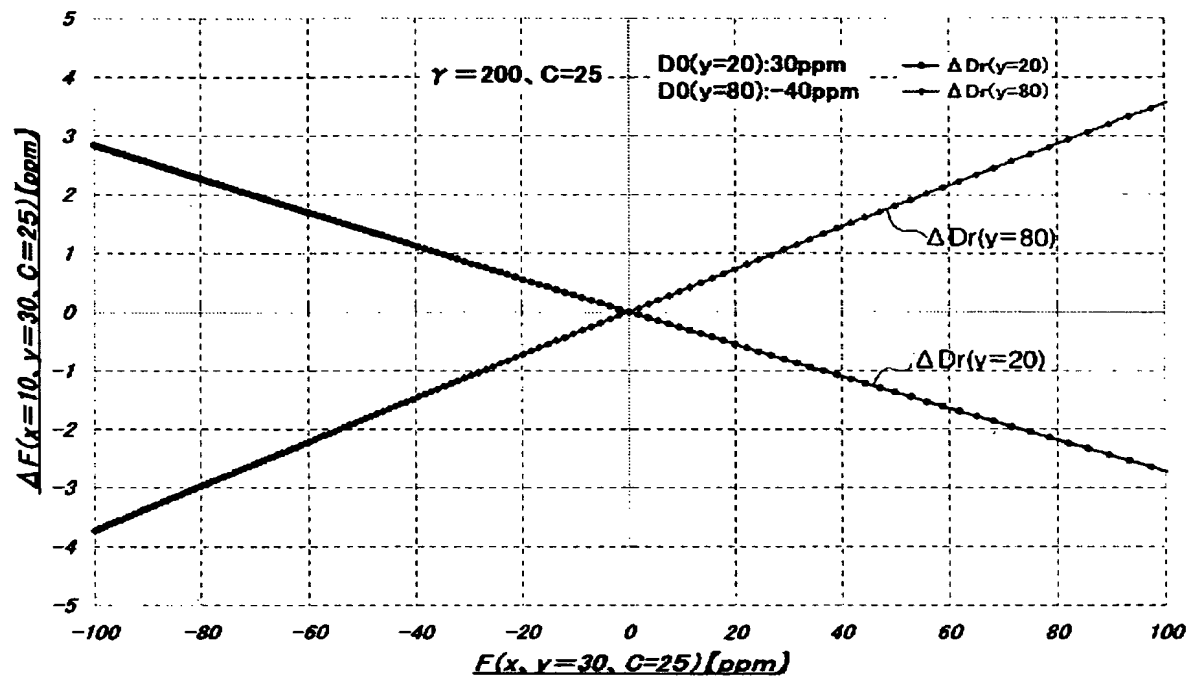
【図 30】



【図 31】



【図 3 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 振動子電流を制御することにより、2つ以上の負荷容量可変機能を備える発振器では従来にない大きな可変範囲を得ることができると共に、高い温度安定度を得ることができる温度補償型圧電発振器を提供する。

【解決手段】 この温度補償方式は、所定の周波数で励振される圧電素子を備えた水晶振動子11、及び圧電素子に電流を流して圧電素子を励振させる図示しない発振用増幅器、を有する発振回路12と、水晶振動子11の電流を制御する振動子電流制御回路13と、前記圧電振動子11の温度特性を補償する温度補償電圧発生回路15と、発振回路12の発振周波数を外部可変16から可変する外部可変用可変容量ダイオード17と、を備えて構成される。尚、振動子電流制御回路13は、振動子電流制御用可変容量ダイオード14と、コンデンサ1～3により構成される。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 5 7 2 8 1
受付番号	5 0 2 0 1 8 6 3 2 2 5
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 1 2 月 1 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年12月 9日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 5 7 2 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 1 0 4]

1. 変更年月日	2 0 0 2 年 6 月 2 8 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市幸区塚越三丁目 4 8 4 番地
氏 名	東洋通信機株式会社